



państwowa służba
geologiczna
państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, sekretariat@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP PL 5250008040

www.pgi.gov.pl

Załącznik 4

Ocena stanu zanieczyszczenia osadów dennych rzek i jezior w latach 2010 -2015

Etap III Monitoring osadów dennych rzek i jezior w latach 2013-2015

Umowa nr: 24/2013/F GIOŚ z dnia 14 sierpnia 2013 r.

Wykonawca:

Konsorcjum

Państwowy Instytut Geologiczny- Państwowy Instytut Badawczy - lider

Wessling Polska Sp. z o.o. - Konsorcjant

Geosolution Sp. z o.o. - Konsorcjant



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej

Warszawa, 15 listopada 2015 r.

AUTORZY OPRACOWANIA

Prof. Dr hab. Izabela Bojakowska

Mgr Aleksandra Dusza-Dobek

Mgr Paulina Kostrz-Sikora

Mgr Joanna Krasuska

Osady wód powierzchniowych charakteryzują się zdolnością do akumulowania różnorodnych zanieczyszczeń nieorganicznych oraz niezliczonych rodzajów zanieczyszczeń organicznych. Obecność w osadach w wysokich zawartościach szkodliwych substancji ujemnie wpływa na jakość środowiska wód powierzchniowych i z tego powodu stanowi jeden z ważniejszych problemów środowiskowych. Skutkiem zanieczyszczenia osadów może być utrata siedlisk i różnorodności biologicznej. Wstępujące w osadach zanieczyszczenia mogą akumulować się w łańcuchu troficznym do poziomu, który jest toksyczny dla organizmów wodnych, zwłaszcza drapieżników. Osady o wysokiej zawartości szkodliwych składników są również potencjalnym ogniskiem zanieczyszczenia środowiska, ponieważ zatrzymane w osadach zanieczyszczenia mogą ulegać ponownemu uruchomieniu do wody w następstwie procesów chemicznych i fizycznych, zaś przemieszczenie zanieczyszczonych osadów na tarasy zalewowe może spowodować zanieczyszczenie gleb i w konsekwencji wyprodukowanie zanieczyszczonej roślinności, stanowiącej zagrożenie dla spożywających ją ludzi lub zwierząt.

Na skład chemiczny osadów dennych wpływa przede wszystkim litologia, warunki klimatyczne oraz sposób zagospodarowania i użytkowania terenu zlewni. Osady gromadzące się na dnie rzek i jezior powstają w wyniku akumulacji materiału pochodzącego z erozji i wietrzenia skał występujących na obszarze zlewni oraz materiału powstałego w miejscu sedimentacji. Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych oraz rolniczych w osadach zatrzymywane są również potencjalnie szkodliwe pierwiastki śladowe i związki organiczne zawarte w odprowadzanych do wód powierzchniowych ściekach przemysłowych, komunalnych, burzowych i z ferm hodowlanych. Wzrost stężenia metali ciężkich i TZO we współcześnie powstających osadach jest również skutkiem ich depozycji z atmosfery (rtęć, pestycydy chloroorganiczne, PCB, WWA) oraz spływu deszczowego i roztopowego z terenów zurbanizowanych (metale ciężkie, WWA) a także rolniczych (arsen, rtęć, pestycydy chloroorganiczne). Do zanieczyszczenia osadów przyczynia się także transport wodny, prace w stoczniach tudzież prace przeładunkowe w portach. Zanieczyszczenia przedostają się do wód powierzchniowych również na skutek infiltracji odcieków ze zwałowisk odpadów górniczych, składowisk i wylewisk zlokalizowanych w zlewni oraz w efekcie spływu powierzchniowego ze szlaków komunikacyjnych.

Badania geochemiczne osadów dennych jezior i rzek są powszechnie wykorzystywane do oceny zanieczyszczenia środowiska wód powierzchniowych metalami ciężkimi i szkodliwymi substancjami organicznymi. Stężenia substancji zanieczyszczających w osadach są wielokrotnie wyższe w porównaniu do ich zawartości w wodzie i z tego względu analiza chemiczna osadów umożliwia wykrywanie i obserwację zmian w ich zawartości nawet przy stosunkowo niewielkim stopniu zanieczyszczenia środowiska. Badania osadów dennych rzek i jezior w Polsce wykonywane w ramach programu Państwowego Monitoringu Środowiska mają na celu obserwację zawartości potencjalnie szkodliwych metali i metaloidów (arsen, bar, cynk, cyna, chrom, kadm, kobalt, miedź, molibden, nikiel, ołów, rtęć, srebro, stront i wanad) oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych (wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, polichlorowanych bifenyli, pentachlorobenzenu, heksachlorobenzenu, pestycydów chloroorganicznych i wybranych związków priorytetowych) w osadach powstających współcześnie w rzekach i jeziorach a także obserwację ich zmian w czasie.

ZAKRES PRAC MONITORINGOWYCH W LATACH 2010-2015

W latach 2010 - 2015 do badań monitoringowych pobrano łącznie 2481 próbki osadów z rzek, jezior, kanałów rzecznych i zbiorników zaporowych, w roku 2010 pobrano 428 próbek, w roku 2011 – 429, a w roku 2012 – 447 próbek, w roku 2013 – 385 próbek, w roku 2014 – 387 próbek, a w roku 2015 – 385 próbek (tabela 1). W tym z rzek pobrano 1547 próbek, z jezior - 730 próbek, z kanałów rzecznych - 110 próbek, a ze zbiorników zaporowych - 74 próbki.

Tabela 1. Zestawienie ilości pobranych próbek w latach 2010 -2 015

Rok	Rzeki	Jeziora	Kanały	Zbiorniki	łącznie
2010	254	132	17	25	428
2011	256	155	18	0	429
2012	275	129	16	27	447
2013	255	112	18	0	385
2014	255	90	20	22	387
2015	252	112	21	0	385
Łącznie	1547	730	110	74	2461

ZAKRES OZNACZEŃ CHEMICZNYCH

Zakres wykonanych oznaczeń w latach 2010-2015 obejmował określenie we wszystkich pobranych próbkach zawartości:

- 26 pierwiastków: Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr, Ti, V i Zn oraz Ca, Corg., Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S,
- 17 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA): acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(e)piren, perylen, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(ghi)perylen), od roku 2013 rozszerzono zakres o naftalen i banzo(a)fluoranten,
- 7 kongenerów polichlorowanych bifenyli (PCB): PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180,
- 20 pestycydów chloroorganicznych: α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, heptachlor, aldryna, epoksyd heptachloru, g-chlordan, endosulfan I, endosulfan II a-chlordan dieldryna, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT, endryna i aldehyd endryny, siarczan endosulfanu, keton endryny, p,p'-metoksychlor, od roku 2013 rozszerzono zakres o izodrynę,
- heksachlorobenzenu od 2012 r.,
- pentachlorobenzen od 2013 r.,

W latach 2013-2015 w wybranych 193 próbkach (163 próbki osadów rzecznych i 30 próbek osadów jeziornych) rozszerzony był zakres oznaczeń o substancje priorytetowe. Rozszerzonymi badaniami objęte było 163 próbek osadów rzecznych (wszystkie próbki badane w cyklu corocznym oraz kilkanaście próbek pobranych z rzek charakteryzujących się silnym zanieczyszczeniem) oraz 30 próbek osadów jeziornych, w tym 22 próbki pobrane z jezior reperowych). W próbkach tych określona została zawartość:

- 8 kongenerów polibromowanych difenylesterów
- Chlorfeninfosu,
- trichlorobenzenu i heksachlorobutadienu,
- organicznych związków cyny,
- C₁₀₋₁₃chloroalkanów,
- ftalanu di(2-etyloheksyl) (DEHP)
- AOX
- fluorków

Oznaczenia zawartości wybranych pierwiastków śladowych: **srebra, arsenu, baru, kadmu, kobaltu, chromu, miedzi, molibdenu, niklu, ołowiu, cyny, strontu, tytanu, wanadu i cynku** oraz pierwiastków wchodzących w skład faz, których związki mogą zatrzymywać zanieczyszczenia w osadach wodnych: **wapnia, magnezu, żelaza, potasu, manganu, sodu, fosforu i siarki** wykonano metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-OES) z roztworów uzyskanych po rozтворzeniu próbek osadów wodą królewską (frakcja ziarnowa <0,2 mm). Limity detekcji dla poszczególnych pierwiastków były następujące: Ag, Cd i Mo – 0,5 mg/kg, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sr, Ti, V, Zn – 1 mg/kg, cyny – 2 mg/kg, As – 3 mg/kg, Pb i Sn – 2 mg/kg, P i S – 0,005%, Ca, Fe, Mg – 0,01%. Oznaczenia pierwiastków wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznego Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego zgodnie z akredytowaną procedurą badawczą PB-40.

W latach 2010-2012 oznaczenia zawartości **rtęci** wykonano z próbki stałej metodą spektrometrii absorpcyjnej z zateżaniem na amalgamatorze z limitem detekcji – 0,005 mg/kg. Oznaczenia wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB według obowiązującej akredytowanej procedury. W latach 2013-2015. oznaczenia zawartości rtęci wykonano z próbki stałej metodą absorpcyjnej atomowej spektrometrii. Pomiary wykonano za pomocą analizatora rtęci DMA 80, firmy Milstone Inc. z limitem detekcji – 0,0001 mg/kg. Oznaczenia wykonano w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według akredytowanej procedury badawczej WES 503.

Oznaczenia zawartości **węgla organicznego (TOC)** w 265 próbkach wykonano metodą kulometrycznego miareczkowania z próbki stałej na aparacie COULOMAT 702 CS/LI firmy Strohlein, po usunięciu węgla węglanowego stężonym HCl. Oznaczenia TOC wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego zgodnie z procedurą badawczą PB-23 (edycja 5 z dnia 16 stycznia 2012 r.). Limit detekcji zawartości węgla organicznego wynosił 0,01%. W roku 2014 ze względu na uszkodzenie aparatu COULOMAT 702 CS/LI firmy Strohlein w 120 próbkach oznaczenia wykonano metodą spektrometrii w podczerwieni w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o.

W latach 2010-2012 oznaczenia zawartości siedemnastu **WWA** (acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(e)piren, perylen, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(ghi)perylen) w badanych próbkach wykonano po zastosowaniu ekstrakcji analizowanych związków dichlorometanem przy użyciu chromatografu gazowego 6890N z detektorem spektrometrem mas GC-MSD 5973 firmy Agilent. Granice oznaczalności wynosiły: dla acenaftyłenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu i pirenu - 1 µg/kg, benzo(a)antracenu i chryzenu - 2 µg/kg, dla benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu, benzo(e)pirenu i perylenu – 3

µg/kg, a dla indeno(1,2,3-c,d)pirenu, dibenzo(a,h)antracenu i benzo(ghi)perylenu – 5 µg/kg. W latach 2013-2015 oznaczenia zawartości 19 WWA (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(a)fluoranten, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, indeno(1,2,3-c,d)piren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(ghi)perylen) wykonano z ekstraktów uzyskanych po podwójnej ekstrakcji heksanem homogenizowanych acetonem próbek z dodatkiem bezwodnego siarczanu(VI)sodu. Analizy ekstraktów, osuszonych bezwodnym siarczanem(VI)sodu i zateżonych, wykonano metodą chromatografii gazowej z detekcją spektrometrią mas (GC-MS) przy użyciu aparatów: GC-MS GC – Agilent Technologies 7890A, MS – Agilent Technologies 5975C. Granica oznaczalności dla poszczególnych związków wynosiła 5 µg/kg s.m. Oznaczenia wykonano w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według akredytowanej procedury badawczej - WES 502.

Oznaczenia **heksachlorobenzenu, pentachlorobenzenu i polichlorowanych bifenyli - kongenery**: PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180 wykonano z ekstraktów uzyskanych po ekstrakcji próbek mieszaniną heksan/aceton. Po odsiarczeniu, ekstrakty oczyszczono od związków polarnych metodą chromatografii kolumnowej (Florisil). W uzyskanych ekstraktach oznaczono zawartość heksachlorobenzenu, pentachlorobenzenu oraz PCB's przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem wychwytu elektronów GC-ECD firmy Agilent. Rozdzielenie oznaczanych związków wykonano w kolumnie kapilarnej typu HP-5 (długość 30 m, średnicy 0,32 mm, film 0,25 µm (5%)-difenyl-(95%)-dimetylopolisiloksanu), stosując programowanie temperatury: od 110°C z przyrostem 30°C/min do 140°C, z przyrostem 2°C/min od 140°C do 170°C, izotermą w 170°C przez 10 min, z przyrostem 2°C/min od 170°C do 240°C, z przyrostem 10°C/min od 240°C do 300°C. Granica oznaczalności dla PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180 oraz dla heksachlorobenzenu i pentachlorobenzenu wynosiła 0,1 µg/kg. Oznaczenia zostały wykonane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB zgodnie z akredytowaną procedurą PB-32

Oznaczenia zawartości **pestycydów chloroorganicznych**: a-HCH, b-HCH, g-HCH, d-HCH, heptachloru, aldryny, epoksydu heptachloru, endosulfanu I, endosulfanu II, siarczanu endosulfanu, endryny, aldehydu endryny, ketonu endryny, α-chlordanu, γ-chlordanu, dieldryny, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT, metoksychloru oraz izodryny w osadach wykonano z ekstraktów uzyskanych po ekstrakcji mieszaniną heksan/aceton. Po odsiarczeniu, ekstrakty oczyszczono od związków polarnych metodą chromatografii kolumnowej (Florisil). Oznaczenia wykonano przy zastosowaniu chromatografu gazowego z detektorem wychwytu elektronów GC-ECD firmy Agilent. Rozdzielenie chromatograficzne pestycydów chloroorganicznych wykonano w tych samych warunkach analitycznych jak w przypadku polichlorowanych bifenyli. Granica oznaczalności dla aldryny, epoksydu heptachloru, dieldryny, ketonu endryny, α-chlordanu, γ-chlordanu, aldehydu endryny, p,p'-DDE, p,p'-DDD oraz dla izodryny wynosiła 0,1 µg/kg, dla endryny, endosulfanu II— 0,3 µg/kg, dla a-HCH, b-HCH, g-HCH, d-HCH, endosulfanu I, siarczanu endosulfanu i p,p'-DDT – 0,5 µg/kg, dla heptachloru – 0,8 µg/kg, a dla metoksychloru – 5,0 µg/kg. Analizy zostały wykonane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB zgodnie z akredytowaną procedurą PB-32.

Pomiary **przewodności elektrolitycznej i pH** wykonano podczas prac terenowych metodą konduktometryczną za pomocą aparatu Elmetron CPC-401, z dokładnością do 1 µS/cm i 0,01 pH. Pomiar pH w osadach dennych wykonano również w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według akredytowanej procedury badawczej - WES 500 (edycja nr

5 z dnia 8 lutego 2012 r.) za pomocą elektrody żelowej, w zakresie od 2 do 12, z dokładnością do 0,1.

Oznaczenia zawartości **polibromowanych difenylesterów (BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153, BDE154, BDE 183, BDE 209)** wykonano z ekstraktów otrzymanych po ekstrakcji próbek mieszaniną izoheksan/toluen (1:1) i ich odsiarczeniu. Analizy wykonano metodą chromatografii gazowej z detekcją spektrometrią mas przy użyciu aparatu TSQ Quantum GC firmy Thermo Scientific. Oznaczenia wykonano metodą wzorca wewnętrznego z zastosowaniem standardów PBDE 77 and PBDE 181. Granica oznaczalności dla poszczególnych związków wynosiła (0,0005-0,005 mg/kg). Analizy wykonano w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według normy - EN ISO 22032.

Oznaczenia zawartości **związków organicznych cyny (dibutylocyna, dioktylocyna, monobutylocyna, monooktylocyna, tetrabutylocyna, tributylocyna, trichoderma viride, trifenylocyna)** wykonano z ekstraktów heksanem z próbek alkilowanych tetraetyloboranem sodu. Analizy wykonano metodą chromatografii gazowej z detekcją spektrometrią mas (GC-MS) przy użyciu aparatu GC-MS TSQ Quantum GC firmy Thermo Scientific. Granica oznaczalności dla poszczególnych związków wynosiła 0,001 mg/kg). Analizy wykonano w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według normy - DIN EN ISO 23161

Oznaczenia zawartości **C₁₀-C₁₃ chloroalkanów** wykonano z ekstraktów otrzymanych po ekstrakcji próbek izoheksanem po ich odsiarczeniu, oczyszczeniu od związków polarnych i zateżeniu metodą chromatografii kolumnowej (Florisil). Analizy wykonano metodą chromatografii gazowej z detekcją spektrometrią mas przy użyciu aparatu GC-MS/MS TSQ Quantum GC firmy Thermo Scientific. Granica oznaczalności dla poszczególnych związków wynosiła <0,1-1 mg/kg, w zależności od matrycy. Analizy wykonano w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według procedury badawczej WES 199

Oznaczenia parametru **AOX** wykonano metodą kulometryczną. Granica oznaczalności wynosiła 1 mgCl/kg. Analizy wykonano w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według normy - DIN 38414 S18.

Oznaczenia zawartości **ftalanu di(2-etyloheksyl) (DEHP)** wykonano z ekstraktów dichloroetanowych. Analizy wykonano metoda chromatografii gazowej GC-MS z zastosowaniem wzorca zewnętrznego w Laboratorium Wessling Polska Sp. z o.o. według procedury EPA 606 mod.

Oznaczenia **chlorfenwinfosu** wykonano z ekstraktów uzyskanych po ekstrakcji próbek mieszaniną dichlorometan/acetone. Po odsiarczeniu i wymianie rozpuszczalnika w uzyskanych ekstraktach oznaczono zawartość chlorfenwinfosu przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem termojonowym GC-NPD firmy Perkin-Elmer. Rozdzielenie wykonano w kolumnie kapilarnej typu HP-5 (długość 30 m, średnicy 0,32 mm, film 0,25 µm (5%)-difenyl-(95%)-dimetylopolisiloksanu), stosując programowanie temperatury: od 50°C z przyrostem 35°C/min do 150°C, z przyrostem 2,5°C/min od 150°C do 170°C, izotermą w 170°C przez 10 min, z przyrostem 20°C/min od 170°C do 300°C. Granica oznaczalności dla chlorfenwinfosu wynosiła 0,2 µg/kg. Oznaczenia zostały wykonane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB.

Oznaczenia **1,3-heksachlorobutadienu, 1,2,3-trichlorobenzenu, 1,2,4-trichlorobenzenu i 1,3,5-trichlorobenzenu** wykonano z pobranych próbek (niesuszonych) przy

użyciu przystawki do analizy fazy nadpowierzchniowej (Headspace) i chromatografu gazowego z detektorem spektrometrem mas GC-MSD firmy Agilent. Rozdzielenie wykonano w kolumnie kapilarnej typu HP-FFAP (długość 50 m, średnicy 0,20 mm, film 0,30 μm glikolu polietylenowego modyfikowanego TPA), stosując programowanie temperatury: od 35°C z przyrostem 2°C/min do 200°C. Granica oznaczalności dla 1,3-heksachlorobutadienu wynosiła 25 $\mu\text{g/kg}$ oraz 22 $\mu\text{g/kg}$ dla 1,2,3-trichlorobenzenu, 1,2,4-trichlorobenzenu i 1,3,5-trichlorobenzenu. Oznaczenia zostały wykonane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB. Analizy 1,3,5-trichlorobenzenu i 1,2,4-trichlorobenzenu wykonano zgodnie z akredytowaną procedurą badawczą PB-22 (edycja 6 z dnia 16 stycznia 2012r.) Analizy 1,3-heksachlorobutadienu i 1,2,3-trichlorobenzenu wykonano zgodnie z procedurą badawczą PIG-PIB.

Oznaczenia **fluorków** wykonano po ekstrakcji próbek 0,01 mol/L roztworem CaCl_2 (1g próbki : 20 ml CaCl_2). Do 10 ml uzyskanego ekstraktu dodawano 10 ml buforu TISAB II. Zawartość fluoru rozpuszczalnego oznaczano metodą potencjometryczną, z zastosowaniem jonoselektywnej elektrody fluorkowej, za pomocą aparatu firmy ORION 720A. Oznaczenia zostały wykonane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB.

KRYTERIA OCENY OSADÓW

Na potrzeby monitoringu ocena jakości osadów dennych, w aspekcie ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi lub szkodliwymi związkami organicznymi wykonywana jest w oparciu o kryteria geochemiczne (tabela 2). Przy ocenie geochemicznej jakości osadów za zawartość anomalną pierwiastka w środowisku przyjęto stężenia wyższe od sumy średniej zawartości tego pierwiastka i dwóch odchyłek standardowych określonych dla badanej populacji. Osad oceniony zostaje za zanieczyszczony nawet w przypadku, gdy przekroczenie zawartości dopuszczalnej stwierdzono tylko dla jednego pierwiastka. W celu oceny szkodliwego oddziaływania szkodliwych pierwiastków śladowych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, polichlorowanych bifenyli i chloroorganicznych pestycydów zawartych w osadach na organizmy wodne wykorzystano progowe zawartościach zanieczyszczeń tj. wartości *PEC* (*Consensus-Based Sediment Quality Guidelines*) - zawartość pierwiastka lub związku chemicznego, powyżej której toksyczny wpływ na organizmy jest często obserwowany (MacDonald i in. 2000) (tabela 3).

Tabela 2. Klasyfikacja osadów wodnych na podstawie kryteriów geochemicznych

Bojakowska I. Sokołowska G. (1998) - Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych. *Przeg. Geolog.*, 46 (1): 49-54.
Bojakowska I. (2001) – Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów wodnych. *Przeg. Eolog.* 49 (3):213-218

Składnik	Tłó geochemiczne	Klasa I osady niezanieczyszczone	Klasa II osady miernie zanieczyszczone	Klasa III osady zanieczyszczone	Klasa IV osady silnie zanieczyszczone
Arsen (As)	<5	10	30	50	>50
Bar (Ba)	<50	100	500	1000	>1000
Chrom (Cr)	6	50	100	400	>400
Cynk (Zn)	73	200	500	1000	>1000
Kadm (Cd)	<0,5	1	3,5	6	>6
Kobalt (Co)	3	10	20	50	>50
Miedź (Cu)	7	40	100	200	>200
Nikiel (Ni)	5	16	40	50	>50
Ołów (Pb)	15	30	100	200	>200
Rtęć (Hg)	<0,05	0,1	0,5	1,0	>1,0
Srebro (Ag)	<0,5	1	2	5	>5

Tabela 3. Dopuszczalne zawartości pierwiastków śladowych oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych w osadach

MACDONALD D., INGERSOLL C., BERGER T., 2000. Development and Evaluation of consensus-based Sediment Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 39: 20–31.

Składnik	TEC*	PEC**
Pierwiastki (mg/kg)		
Arsen	9,8	33
Kadm	0,98	4,98
Chrom	43	111
Miedź	32	149
Nikiel	23	48,6
Ołów	36	128
Rtęć	0,18	1,06
Cynk	120	459
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne(mg/kg)		
Naftalen	0,176	0,561
Acenaften	0,0067	0,089
Acenaftylen	0,0059	0,128
Antracen	0,0572	0,845
Fluoren	0,0774	0,536
Fenantren	0,204	1,170
Fluoranten	0,423	2,23
Benzo(a)antracen	0,108	1,05
Chryzen	0,166	1,29
Piren	0,195	1,520
Benzo(b)fluoranten	0,240	13,400
Becno(k)fluoranten	0,240	13,400
Benzo(a)piren	0,150	1,45
Dibenzo(a,h)antracen	0,033	0,135
Indeno(1,2,3-cd)piren	0,200	3,200
Suma	1,610	22,80
Polichlorowane bifenyle (µg/kg)		
PCBs	22	676
Pestycydy chloroorganiczne (µg/kg)		
γ-HCH (lindan)	3	5
Chlordan	3,2	18
DDD	4,9	28
DDE	3,2	31
DDT	1,19	62,9
Suma DDT+DDD+DDE	5,3	572
Dieldrin	1,9	62
Endrin	2,2	207
Epoksyd Heptachloru	2,5	16

* - *TEC (threshold Effect Concentration)* – zawartość progowa poniżej, której nie obserwuje się szkodliwych efektów,

** - *PEC (Probable Effects Concentrations)* – stężenie powyżej, którego można obserwować szkodliwe oddziaływanie.

RZEKI

Pierwiastki śladowe. Srebro w większości zbadanych próbek było w zawartości <0,5 mg/kg i jedynie w 100 próbkach (6,46% wszystkich próbek) stwierdzono go w zawartości wyższej od granicy oznaczalności. Najwyższa zawartość wykryto w osadach pobranych z Głomii w Dobrzycy (w 2012 r. było to 86 mg/kg). Wysoką zawartością charakteryzowały się także osady Białej Przemszy w Dąbrowie (9,6 mg/kg w 2011 r.), Neru w Lutomierniku (5,9 mg/kg w 2015 r. i 5,6 mg/kg w 2012 r.) i Kopanicy w Łęgoniu (5,6 mg/kg w 2010 r.). **Arsen** w ponad połowie próbek (63,99%) był w stężeniu poniżej granicy oznaczalności, Najwyższą

jego zawartość odnotowano w Białej Przemszy (134 mg/kg w 2011 r.), a także w osadach Stoły w Brynku (69 mg/kg w 2010 r.), Kaczawy (60 mg/kg w 2011 r., 58 mg/kg w 2014 r. i 50 mg/kg w 2015 r.) oraz Narwi (55 mg/kg w 2012 r.). Skrajnie wysokie zawartości **baru** stwierdzono w osadach Stoły w Potępie (1 983 mg/kg w 2010 r.) i w Brynku (1 469 mg/kg również w 2010 r.) oraz w wielu lokalizacjach wzdłuż Odry m. in. w Lenartowicach (1 166 mg/kg w 2010 r.) i Przewozie (859 mg/kg). Obecność **kadm** w stężeniu powyżej granicy oznaczalności odnotowano w 317 próbkach (20,49% ogółu badanych). Ekstremalnymi zawartościami tego pierwiastka charakteryzowały się osady Stoły w Brynku i w Potępie (odpowiednio 269,9 i 202,8 mg/kg w 2010 r.), Babulówki w Suchorzowie (52,2 mg/kg w 2011 r.), Białej Przemszy w Dąbrowie (46,8 mg/kg w 2011 r.), Wisły w Grabiach (38,4 mg/kg w 2012 r.) oraz Brynicy w Sosnowcu (37,7 mg/kg w 2012 r.). **Kobalt** występował w stosunkowo niskich zawartościach, poniżej 30 mg/kg, w 27,66% próbek był w zawartości niższej od granicy oznaczalności. Podwyższoną jego zawartością wyróżniały się osady pobrane z Odry w Połęczku (28,98 mg/kg w 2010 r.), Pełcznicy w Wałbrzychu (22,91 mg/kg w 2010 r.), Warty w Mstowie (18,66 mg/kg w 2011 r.) i Kaczawy w Prochowicach (17,83 mg/kg w 2013 r.). **Chrom** odnotowano w bardzo szerokim zakresie zawartości: od wartości niższej niż granica oznaczalności do 1 574 mg/kg. Najwyższą jego zawartość wykryto w osadach Babulówki w Suchorzowie (w 2011 r.; w 2014 r. było to 363 mg/kg), a zawartości powyżej 200 mg/kg stwierdzono w osadach pobranych z Kopanicy w Łęgoniu (411 mg/kg w 2010 r.), Kaczawy w Prochowicach (397 mg/kg w 2011 r.), Warty w Kromoławie (332 mg/kg w 2013 r.), Neru (309 mg/kg w 2015 r.), Dobrzyńki w Laskowicach (275 mg/kg w 2012 r.), Neru w Lutomińsku (249 mg/kg w 2012 r.) i Wisły w Grabiach (218 mg/kg w 2012 r.). Bardzo wysokie stężenia **miedzi** odnotowano w osadach pobranych z Kaczawy w Prochowicach (569 mg/kg w 2011 r.), Stoły w Brynku (410 mg/kg w 2010 r.), Kopanicy w Łęgoniu (281 mg/kg w 2010 r.), a także Czarnej Wody w Legnicy (202 mg/kg w 2010 r.). Zawartość **rtęci**, przekraczającą 1 mg/kg, stwierdzono w 13 próbkach, przy czym największe stężenia tego pierwiastka oznaczono w osadach pochodzących z Czarnej Strugi w Nowej Soli (9,98 mg/kg w 2012 r.), Dobrzyńki (3,79 mg/kg w 2015 r.) oraz Wisły w Grabiach (3,40 mg/kg w 2012 r.). Stężenia **manganu** w badanych próbkach mieściły się w zakresie 14,38 – 4 494 mg/kg. Skrajnie wysokimi zawartościami charakteryzowały się osady Noteci (4 494 mg/kg w 2010 r.), Rawki (3 996 mg/kg w 2014 r.) oraz Warty w Wąsoszu (3 644 mg/kg w 2011 r.) i Kaczawy w Prochowicach (3 212 mg/kg w 2013 r.). **Molibden** w 88,69% próbek był w zawartości niższej niż 0,5 mg/kg. Podwyższoną jego stężenia oznaczono w osadach pobranych z Wisły (7,3 mg/kg w 2015 r.), z Warty w Kromoławie (5,9 mg/kg w 2013 r.) a także z Głównej w Poznaniu (3,1 mg/kg w 2012 r.) oraz z Kopanicy w Łęgoniu, Wisły w Piotrawinie i Przemszy w Chełmku (2,8 mg/kg). Bardzo wysoką zawartość **niklu** wykryto w osadach Kopanicy w Łęgoniu (267 mg/kg w 2010 r.). Wysokimi zawartościami tego pierwiastka charakteryzowały się także osady pobrane z Warty w Kromoławie (107 mg/kg w 2013 r.), z Bugu (75 mg/kg w 2015 r.) oraz z Kaczawy w Prochowicach (73 mg/kg w 2011 r.) i Wisły w Grabiach (55 mg/kg w 2012 r.). W zbadanych osadach rzecznych **olów** występował w stężeniu od 1,0 do kilku tys. mg/kg. Ekstremalnie wysoka jego zawartością charakteryzowały się osady Białej Przemszy w Dąbrowie (4 376 mg/kg w 2011 r.), Wisły w Piotrawinie (1 214 mg/kg w 2010 r.), Stoły w Brynku (1 211 mg/kg w 2010 r.) i Przemszy w Jeleniu (1 042 mg/kg w 2011 r.). Zawartość **cynny** w 264 próbkach (17,06% wszystkich badanych) była wyższa niż granica oznaczalności. Zaskakująco wysoka jej zawartość odnotowano w osadach pobranych z Pilicy w Szczekocinach (122 mg/kg w 2012 r.), a podwyższoną jej zawartość, powyżej 20 mg/kg, stwierdzono w osadach Odry, Oławy we Wrocławiu, Babulówki w Suchorzowie, Białej Przemszy w Dąbrowie i Neru w Lutomińsku. Uwagę zwraca również wysoka zawartość **strontu** w osadach Bugu: od 495 mg/kg w 2011 r. do 240 mg/kg w 2015 r. Poza Bugiem, wysokie stężenia tego pierwiastka oznaczono również

w osadach Wisły w Górze Kalwarii (218 mg/kg w 2013 r.) i Noteci w Ujściu (209 mg/kg w 2010 r.). Zakres występowania tytanu w badanych osadach obejmuje wartości pomiędzy 17,88 a 1 568 mg/kg. Stężenia przekraczające 1 000 mg/kg zbadano w próbkach pochodzących z Białej Głuchołaskiej w Głuchołazach (1 568 mg/kg w 2010 r.) i w Białej Nyskiej (1 096 mg/kg w 2010 r.) oraz z Kwisy (1 134 mg/kg w 2012 r.). Podwyższone zawartości **wanadu** oznaczono w osadach pobranych z Odry (111 mg/kg w 2014 r.), a także z Białej Głuchołaskiej w Głuchołazach (57 mg/kg w 2010 r. i 48 mg/kg w 2013 r.) i z Oławy we Wrocławiu oraz z Olszanki w Opolu (w obu przypadkach było to 40 mg/kg w 2013 r.). Zbadane zawartości **cynku** mieściły się w przedziale od kilku do kilkunastu tys. mg/kg. Stężenia wyższe niż 1 000 mg/kg odnotowano w 22 próbkach (1,42% badanych). Ekstremalnie wysokimi zawartościami charakteryzowały się osady Brynicy (17 130 mg/kg w 2015 r. i 14 610 mg/kg w 2012 r.). Wysokie stężenia zbadano też w osadach pobranych z Białej Przemszy w Dąbrowie (9 411 mg/kg w 2011 r.), z Wisły w Piotrawinie (5 825 mg/kg w 2010 r.) oraz z Przemszy (4 208 mg/kg w 2011 r.). Zestawienie lokalizacji na rzekach, w których stwierdzono bardzo wysokie zawartości pierwiastków śladowych zestawiono w tabeli 4.

Trwałe zanieczyszczenia organiczne. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w bardzo wysokich zawartościach (kilkadziesiąt tys. µg/kg lub więcej) występowały przede wszystkim w osadach Odry Chałupkach, Miedonii, Krajniku Dolnym, Oborowcu, Miedonii, Koźlu, a także w Bystrzycy we Wrocławiu, Kopanicy w Łęgoniu, Wierzycy w Starogardzie Gdańskim, Widawki w Szczercowie, Łobżonki, Orzysza, Brynicy, Orli w Wąsoszu. **Heksachlorobenzen** w podwyższonej zawartości stwierdzono w osadach Wisły w Grabiach (25,2 µg/kg). W kilku lokalizacjach stwierdzono występowanie osadów o bardzo wysokich koncentracjach **PCB**, przekraczających 200 µg/kg w osadach pobranych z rzeki Ner (738,1 µg/kg), Proсны w Popówku (487,6 µg/kg), Uswicy w Woli Przemyskiej (357 µg/kg), Olzy w Ropicy (260,2 µg/kg), Brynicy w Sosnowcu (209,6 µg/kg). Występowanie wysokich koncentracje izomerów HCH odnotowano w osadach Wisły w Oświęcimiu (239,6 µg/kg oraz 205,9 µg/kg) i Grabiach (107,1 µg/kg) oraz Przemszy w Jeleniu (161,6 µg/kg oraz 156,6 µg/kg). Najczęściej wykrywanymi **pestycydami chloroorganicznymi** w osadach rzecznych było DDT i jego metabolity. Bardzo wysokie jego stężenie stwierdzono w próbkach osadów pobranych z Wisły w Grabiach (2145 µg/kg) i Opatowcu (1502 µg/kg). Zawartości DDT i jego metabolitów przekraczające 100 µg/kg obserwowano także w osadach Wisły w Oświęcimiu, Sandomierzu, Tyńcu, Jankowicach. Bardzo wysoką zawartością tych związków wyróżniają się również osady Neru w Lutomiersku, Bierawki i Proсны. Występowanie pozostałych pestycydów stwierdzano dużo rzadziej, najczęściej tylko w pojedynczych próbkach. I tak heptachlor w stężeniu powyżej granicy oznaczalności wykryto tylko w czterech próbkach, aldrynę - w 64 próbkach, γ-chlordan - w 5 próbkach α-chlordan - 1 w próbce, dieldrynę w - 26 próbkach, endrynę - w 13 próbkach, endosulfan I - w 17 próbkach, siarczan endosulfanu - w 4 próbkach i jedynie aldehyd endryny wykryto w 77 próbkach. Zestawienie lokalizacji na rzekach, w których stwierdzono bardzo wysokie zawartości szkodliwych związków organicznych (WWA, PCB, HCH i DDTs) zestawiono w tabeli 5.

Przeprowadzone w latach 2010-2015 badania 1547 próbek osadów rzek wykazały, że 52,0% próbek było osadami niezanieczyszczonymi pierwiastkami śladowymi lub związkami organicznymi, 32,0% próbek było osadami miernie zanieczyszczonymi, 9,5% - osadami zanieczyszczonymi, a 6,5% - osadami silnie zanieczyszczonymi (tabela 6). Silne zanieczyszczenie osadów rzecznych spowodowane było wysoką zawartością przede wszystkim kadmu (2,5% próbek), ołowiu (1,4% próbek), cynku (1,4% próbek), WWA (2,0% próbek) oraz p,p'-DDT (1,2% próbek) (tabela 6).

Tabela 4. Wykaz lokalizacji o wysokich zawartościach pierwiastków śladowych w osadach rzecznych

Numer punktu	Lokalizacja		Ag mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
455	Babulówka_Suchorzów	2011	3,0	15	387	52,2	1574	176	0,454	47	113	528
455	Babulówka_Suchorzów	2014	1,0	16	305	26,3	363	54	0,352	37	52	465
96	Biała_Głucholaska_Głucholazy	2013	<0,5	4	368	0,8	40	39	0,079	26	182	192
461	Biała_Przemsza_Dąbrowa	2011	9,6	134	150	46,8	66	110	0,321	37	4376	9411
234	Brynica_Czeladź	2012	2,1	32	118	37,7	38	128	0,576	39	461	14610
482	Czarna Struga_Nowa Sól	2012	<0,5	<3	65	<0,5	17	30	9,98	5	29	66
381	Dobrzyńka_Łaskowice	2015	0,6	<3	105	1,3	104	24	3,790	5	29	106
105	Kaczawa_Prochowice	2014	1,4	58	231	9,9	44	149	1,320	44	108	303
194	Kopanica_Łęgoń	2010	5,6	18	340	2,7	411	281	0,09	267	115	1018
266	Ner_Mirosławice	2015	5,9	<3	311	6,0	309	94	1,870	22	87	517
44	Odra Zachodnia_autostrada	2011	<0,5	<3	57	<0,5	7	21	0,014	4	185	154
405	Odra_Gryfino	2012	<0,5	<3	123	<0,5	9	87	0,032	5	220	187
202	Odra_kostrzyn	2012	1,1	21	604	2,0	64	100	1,75	32	116	687
45	Odra_Siadło Dolne	2015	0,6	<3	107	<0,5	9	60	0,104	7	666	120
99	Odra_Wrocław	2015	0,7	24	372	4,3	108	69	0,887	34	71	1198
549	Olszanka_Opole	2013	<0,5	8	260	3,8	50	128	0,249	53	82	1080
88	Przemsza_Chelmek	2011	1,7	15	199	15,4	43	73	0,429	22	442	2460
240	Przemsza_Jeleń	2011	1,9	38	163	21,6	38	72	1,36	25	1042	4208
353	Silnica_Kielce	2015	<0,5	5	50	<0,5	8	13	0,011	5	359	126
428	Stoła_Brynek	2010	2,7	69	1469	269,9	62	410	0,07	21	1211	3871
607	Warta_Kromolów	2013	<0,5	4	91	3,1	332	64	0,017	107	100	647
247	Warta_Mstów	2011	2,1	22	193	4,6	70	92	0,339	52	114	1044
620	Wisła_Grabie	2012	2,9	18	293	38,4	218	191	3,40	55	291	2105
445	Wisła_Jankowice	2011	0,6	11	200	14,0	32	50	0,205	24	222	1579
445	Wisła_Jankowice	2014	0,6	9	158	8,8	30	38	0,168	23	181	1170
343	Wisła_Oświęcim	2015	1,2	20	145	13,4	40	58	0,590	27	496	2138
309	Wisła_Piotrawin	2010	2,9	46	144	34	58	106	0,09	29	1214	5825



Przekroczona wartość PEC



Przekroczona wartość TEC

Tabela 5. Wykaz lokalizacji o wysokich zawartościach trwałych zanieczyszczeń organicznych w osadach rzecznych ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Numer punktu	Lokalizacja	Rok	Suma WWA	Suma PCB	g-HCH	S HCH	p,p'-DDE	p,p'-DDD	p,p'-DDT	S DDTs
342	Bierawka_Bierawa	2013	15400	3,2	0,9	<2,0	3,3	48,0	230,0	281,3
234	Brynica_Czeladź	2012	29061	209,6	2,0	4,40	42,0	23	13	78,6
101	Bystrzyca_Wrocław	2010	31951	7,25	<0,5	<2,0	3,4	8,9	4,5	16,8
214	Kłodnica_Kłodnica	2013	24996	3,2	<0,5	<2,0	3,1	7,9	2,6	13,6
194	Kopanica_Łęgoń	2010	27840	25,8	<0,5	<2,0	30,0	63,0	1,7	94,7
518	Łososina_Łęki	2014	478	55,9	<0,5	<2,0	0,8	2,3	<2,0	3
266	Ner_Mirosławice	2015	16529	738,1	1,0	2,5	7,9	118,0	3,0	128,9
265	Ner_Poddębice	2012	3193	41,7	<0,5	<2,0	3,5	16,0	1,1	20,3
94	Odra_Chałupki	2010	134178	40,2	<0,5	<2,0	2,2	1,5	1,0	4,7
406	Odra_Lenartowice	2010	44063	38,6	3,5	4,3	6,3	21,0	4,3	31,6
407	Odra_Miedonia	2010	40713	14,65	<0,5	<2,0	2,5	1,6	1,9	6,0
542	Odra_Oborowiec	2010	32378	5,5	<0,5	<2,0	1,4	1,6	0,5	3,5
175	Odra_Police	2013	82	100,7	<0,5	<2,0	<0,1	<0,1	<2,0	0,4
404	Odra_Widuchowa	2013	52526	13,0	<0,5	<2,0	<0,1	0,2	4,6	4,9
549	Olszanka_Opole	2013	37802	9,1	<0,5	<2,0	12,9	9,6	5,7	28,2
410	Olza_Ropice	2010	2828	260,3	<0,5	<2,0	0,05	0,05	<2,0	0,4
554	Orzysza_Mikosze	2012	31649	0,4	<0,5	<2,0	0,2	0,2	<2,0	0,7
418	Proсна_Popówek	2012	2265	487,6	1,0	<2,0	21,0	85,0	7,4	113,1
602	Uswica_Wola Przemyskowska	2011	1466	357	<0,5	2,6	5,3	1,9	<2,0	7,5
361	Warta_Oborniki	2012	4337	78,3	<0,5	<2,0	2,4	5,6	4,2	12,2
143	Wierzyca_Starogard Gdański	2011	26935	<0,7	<0,5	<2,0	0,5	1,0	1,0	2,5
620	Wisła_Grabie	2012	8521	28,7	2,9	71,9	32,0	1000	470	1502
652	Wisła_Kopanka	2015	161	<0,7	<0,5	4,6	16,0	55,0	320	391,0
447	Wisła_Opatowiec	2011	1969	27,8	<0,5	6,1	8,7	53,0	91,0	152,8
343	Wisła_Oświęcim	2011	8216	10,20	2,5	205,9	27,0	83,0	80,0	190,9
70	Wisła_Sandomierz	2012	989	2,2	<0,5	<2,0	3,6	28,0	130	162
56	Wisła_Tyniec	2010	1586	2,3	<0,5	24,5	19,0	112	349	480,0



Przekroczona wartość PEC



Przekroczona wartość TEC

Tabela 6. Zbiorcza tabela oceny zanieczyszczenia osadów rzek (2010-2015)

% przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	52,0	97,2	93,7	81,0	89,2	96,4	97,2	92,5	91,7	81,8	84,4	88,6	77,1	98,8	97,9	91,7	88,1	87,3
Osady miernie zanieczyszczone	32,0	1,7	5,3	18,2	6,9	3,4	1,6	6,0	5,7	16,9	12,5	8,4	18,3	0,8	0,8	4,5	8,5	8,1
Osady zanieczyszczone	9,5	0,7	0,6	0,6	1,4	0,1	1,0	1,2	1,8	0,8	1,7	1,6	2,6	0,1	1,4	3,5	2,8	3,3
Osady silnie zanieczyszczone	6,5	0,3	0,3	0,2	2,5	0,0	0,1	0,3	0,8	0,5	1,4	1,4	2,0	0,2	0,0	0,4	0,6	1,2
Suma %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Liczba przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	804	1504	1450	1253	1380	1492	1504	1431	1418	1266	1306	1371	1193	1529	1514	1418	1363	1351
Osady miernie zanieczyszczone	495	27	82	281	106	53	25	93	88	261	193	130	283	13	12	69	131	126
Osady zanieczyszczone	147	11	10	10	22	2	16	19	28	12	26	24	40	2	21	54	43	51
Osady silnie zanieczyszczone	101	5	5	3	39	0	2	4	13	8	22	22	31	3	0	6	10	19
Suma próbek	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547

Ocenę zanieczyszczenia poszczególnych próbek osadów rzecznych zawierają tabele: Tabela 6a (2010r.), Tabela 6b (2011 r.), Tabela 6c (2012 r.), Tabela 6d (2013 r.), Tabela 6e (2014 r.) i Tabela 6f (2015 r.).

JEZIORA

Pierwiastki śladowe. W 730 zbadanych próbkach osadów jeziornych zawartość **srebra** wykryto w 37 próbkach (5,1% badanych), najwięcej tego pierwiastka zawierały osady jezior: Kansko (8,6 mg/kg w 2011 r.), Urzędowego (Człuchowskiego) (7,3 mg/kg w 2013 r. i 7,2 mg/kg w 2011 r.) oraz Karczemnego (5,1 mg/kg w 2012 r.). Zawartość **arsenu** powyżej granicy oznaczalności (<3 mg/kg) stwierdzono w 620 próbkach (84,9%). Najwyższymi stężeniami tego pierwiastka charakteryzowały się osady jeziora Siecino A (80 mg/kg w 2011 r.), jeziora Białego Włodawskiego (58 mg/kg w 2015 r.) a także jeziora Kalejty (45 mg/kg w 2010 r.). **Bar** w zawartości powyżej 250 mg/kg odnotowano w osadach jezior Wąsowsko-Mikorzyńskiego (409 i 338 mg/kg w 2010 r.), Pątnowskiego (374 i 371 mg/kg w 2010 r. oraz 343 mg/kg w 2013 r.) oraz Karczemnego (331 mg/kg w 2012 r.), Gosławskiego, Mikorzyńskiego, Ławki, Selmęt, Sajno, Oleckiego Małego i Wadąg. **Kadm** w zawartości poniżej granicy oznaczalności zaobserwowano w 250 próbkach (34,2%). Najwyższe zawartości tego pierwiastka stwierdzono w osadach jezior: Lubienieckiego (6,1 mg/kg w 2010 r. oraz 5,0 mg/kg w 2015 r.), Jegocin (3,7 mg/kg w 2013 r. i 3,0 mg/kg w 2015 r.), Ińsko (3,1 mg/kg w 2013 r.). **Kobalt** w bardzo niskich zawartościach, poniżej granicy oznaczalności, zbadano w 122 próbkach (16,7% wszystkich badanych). Nieco podwyższone jego zawartości stwierdzono w osadach jeziora Bobiecińskiego Wielkiego (12 i 10 mg/kg w 2010 r.), Modła (11 mg/kg w 2015 r.) i Luterskiego (11 mg/kg w 2015 r.). **Chrom** odnotowano w bardzo szerokim zakresie zawartości. Ekstremalnie wysokimi jego stężeniami charakteryzowały się osady jezior: Ewingi (561 i 106 mg/kg w 2012 r.), Zioło (379 mg/kg w 2010 r. oraz 345 mg/kg w 2015 r.) i Łęgowskiego (118 mg/kg w 2012 r.). Również **miedź** występowała w bardzo szerokim zakresie stężeń. Skrajnie wysoką zawartością tego pierwiastka charakteryzowały się osady pobrane z jezior: Gosławskiego (744 mg/kg w 2015 r.), Wąsowsko-Mikorzyńskiego (537 i 339 mg/kg w 2010 r.), Pątnowskiego (507 mg/kg w 2013 r. oraz 412 i 396 mg/kg w 2010 r.). **Rtęć** w zawartości powyżej 0,05 mg/kg odnotowano w 622 próbkach (85,2%), najwięcej tego pierwiastka zawierały osady jeziora Urzędowego (Człuchowskiego) (1,08 mg/kg w 2011 r. i 1,05 mg/kg w 2013 r.), Oleckiego Małego (0,859 mg/kg w 2011 r.), Karczemnego (0,781 mg/kg w 2012 r.) i Ewingi (0,650 mg/kg w 2012 r.). Stężenia **manganu** cechowały się dużym zakresem zmienności – od 29 do 17 050 mg/kg. Ekstremalnie wysokie zawartości tego pierwiastka stwierdzono w osadach jezior: Białego Włodawskiego (17 050 mg/kg w 2015 r.), Głębokiego (15 330 mg/kg w 2015 r.), Oscypel Wielki (13 221 mg/kg w 2014 r.) oraz Gant (11 770 mg/kg w 2011 r.). W 116 próbkach (15,9% ogółu) stężenia **molibdenu** nie przekroczyły granicy oznaczalności. W pozostałych próbkach mieściły się w zakresie 0,5062 – 14,46 mg/kg. Najwyższe wartości stwierdzono w osadach pobranych z jeziora Piłwąg (14,5 mg/kg w 2012 r.), Siecino (8,2 mg/kg w 2011 r.) i Jegocin (8,1 mg/kg w 2011 r.). **Nikiel** występował w stężeniu do 40 mg/kg. Podwyższoną jego zawartością cechowały się osady jezior Gosławskiego (39,68 mg/kg w 2015 r.), Luterskiego, Bobiecińskiego i Ińsko. W zbadanych osadach **olów** obecny był w szerokim zakresie stężeń (2,168 – 221,9 mg/kg). Wysoką jego zawartością charakteryzowały się osady jeziora Karczemnego (221,9 mg/kg w 2012 r.), Piaseczno (173,5 mg/kg w 2015 r.), Ińsko (170 mg/kg w 2013 r.), Wielkiego Dąbie (155 mg/kg w 2015 r.) oraz Wapińskiego, Garbicz, Nicemino, Czarnego (Sukiel) i Buszno. W ponad 70% badanych próbek osadów zawartość **cynny** była niższa niż granica oznaczalności. Podwyższone jej zawartości stwierdzono w osadach kilku jezior między innymi: Ełckiego (20 mg/kg w 2011 r.), Karczemnego (11 mg/kg w 2012 r.) i Urzędowego (Człuchowskiego) (10 mg/kg w 2011 r. i 8 mg/kg w 2013 r.).

Zawartość **strontu** oznaczono w zakresie pomiędzy 1,9 a 1 147 mg/kg. Skrajnie wysoką zawartością tego pierwiastka charakteryzowały się osady jeziora Tomasznie (w 2015 r.). Duży zakres zmienności odnotowano również w przypadku tytanu. Najwyższe jego stężenia występowały w osadach jeziora Łebsko (1 230 mg/kg w 2010 r. i 540 mg/kg w 2014 r.). Osady jezior charakteryzują się geogeniczną podwyższoną zawartością **wanadu** w porównaniu do osadów rzecznych. Stosunkowo wysokimi jego stężeniami cechowały się osady jezior Wielkiego Dąbie, Bobięcińskiego, Ińsko, Radęcino, Ostrowite k/Głuska, Śmiadowo i Jeleń. **Cynk** stwierdzono w bardzo szerokim zakresie zawartości, najwięcej tego pierwiastka wykryto w osadach pobranych z jeziora Karczemnego (1006 mg/kg w 2012 r.), Urzędowego (Człuchowskiego) (672 mg/kg w 2013 r. i 633 mg/kg w 2011 r.), Ełckiego (411 mg/kg w 2011 r.) i Łęgowskiego 389 mg/kg w 2010 r.). Wykaz jezior, w osadach których stwierdzono wysokie zawartości pierwiastków śladowych zestawiono w tabeli 7.

Trwałe zanieczyszczenia organiczne. Stwierdzono, że w osadach jeziornych **wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne** występują w znacznie wyższych koncentracjach niż w osadach rzecznych, co w dużym stopniu uwarunkowane jest wysoką zawartością materii organicznej. Bardzo wysokimi zawartościami WWA charakteryzowały się osady pobrane z jeziora Urzędowego (Człuchowskiego) (57 622 µg/kg w 2011 r. i 49 647 µg/kg w 2013 r.), Zajezierskiego (52 164 µg/kg w 2013 r.), Ełckiego (45 161 µg/kg w 2011 r.), Czarnego (Sukiel)(40 682 µg/kg w 2013 r.) oraz Trześniowskiego (Ciecz) (37 221 µg/kg w 2011 r.). Zawartość **heksachlorobenzenu**, po raz pierwszy włączonego do zakresu badań w 2012 r., w osadach była najczęściej bardzo niska, zbliżona do granicy oznaczalności tego parametru, najwięcej HCB stwierdzono w osadach pobranych z jeziora Włodawskiego (3,6 µg/kg w 2013 r.) oraz Łęgowskiego (1,5 µg/kg w 2012 r.). Obecność **polichlorowanych bifenyli** odnotowano w najwyższych stężeniach w osadach pobranych z jeziora Grzymisławskiego (50,7 µg/kg w 2010 r.), Karczemnego (44,1 µg/kg w 2012 r.), Oscypel Wielki (26,3 µg/kg w 2014 r.), Ostrów (25,4 µg/kg w 2013 r.), Kalejty (24,8 µg/kg w 2010 r.) oraz Skulska Wieś (23,3 µg/kg w 2014 r.). Najwyższymi zawartościami izomerów **HCH** charakteryzowały się osady pobrane z jezior Lubiatówko (60,7 µg/kg w 2010 r.), Cichowo (55,35 µg/kg w 2010 r.) i Charzykowskiego (52,45 µg/kg w 2010 r.). Występowanie **DDT i jego metabolitów** w bardzo wysokich stężeniach przekraczających 100 µg/kg, wykryto w osadach 16 jezior. Skrajnie wysokie zawartości tych pestycydów oznaczono w próbkach pochodzących z jezior: Człuchowskiego (602,9 µg/kg w 2011 r.), Białego Włodawskiego (257,6 µg/kg w 2015 r.), Garbicz (199,8 µg/kg w 2014 r.), Wilkowskiego (195,1 µg/kg w 2010 r.). Z pozostałych zbadanych pestycydów chloroorganicznych obecność heptachloru stwierdzono w 84 próbkach, aldryny – w 8 próbkach, endosulfanu I – w 102 próbkach i aldehydu endryny w 21 próbkach. Wykaz jezior, których osady charakteryzowały się wysokimi zawartościami szkodliwych związków organicznych (WWA, PCB, Lindan i DDTs) zawiera tabela 8.

Przeprowadzone w latach 2010-2015 badania 730 próbek osadów pobranych z jezior wykazały, że tylko 5,9% próbek było osadami niezanieczyszczonymi pierwiastkami śladowymi lub związkami organicznymi, 30,5% próbek było osadami miernie zanieczyszczonymi, 9,5% próbek - osadami zanieczyszczonymi, a 6,5% - osadami silnie zanieczyszczonymi (tabela 9). Silne zanieczyszczenie osadów spowodowane było wysoką zawartością przede wszystkim kadmu (2,5% próbek), ołowiu (1,4% próbek), cynku (1,4% próbek), WWA (2,0% próbek) oraz p,p'-DDT (1,2% próbek) (tabela 9). Ocenę zanieczyszczenia poszczególnych zbadanych próbek osadów jeziornych zawierają tabele: Tabela 9a (2010r.), Tabela 9b (2011 r.), Tabela 9c (2012 r.), Tabela 9d (2013 r.), Tabela 9e (2014 r.) i Tabela 9f (2015 r.).

Tabela 7. Wykaz jeziora o wysokich zawartościach pierwiastków śladowych w osadach

Jezioro		Ag mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg
Białe Włodawskie	2015	<0,5	58	145	2,2	9	22	0,202	7	100	44	189
Człuchowskie	2011	7,2	7	224	1,9	21	59	1,08	14	120	157	633
Dąbie	2014	<0,5	7	148	2,0	22	31	0,753	12	34	67	255
Elckie	2011	2,2	13	183	2,2	32	238	0,526	10	77	116	411
Ewingi	2012	<0,5	6	58	1,1	561	27	0,650	19	52	108	151
Garbicz (Wielkie)	2014	<0,5	17	59	2,4	23	35	0,382	19	129	28	260
Gosławskie	2015	<0,5	1,5	316	<0,5	12	744	0,177	40	21	584	150
Ińsko	2013	<0,5	22	120	3,1	30	39	0,260	27	170	20	274
Jegocin	2013	<0,5	29	33	3,7	9	13	0,113	6	119	13	182
Kalejty	2010	<0,5	45	56	2,1	7	12	0,146	5	72	23	127
Kansko	2011	8,6	12	71	1,7	13	29	0,488	14	98	64	225
Karczemne	2012	5,1	11	331	2,4	41	224	0,781	25	222	192	1006
Lubinieckie (Poznańskie)	2015	2,3	3	154	5,0	12	36	0,193	13	48	218	294
Łęgowskie	2012	0,9	9	199	1,1	118	49	0,279	16	52	111	389
Mikorzyńskie	2015	<0,5	<3	301	<0,5	6	262	0,060	25	12	569	69
Olecko Małe	2011	3,8	9	199	1,0	15	45	0,859	10	46	138	334
Pątnowskie	2013	<0,5	3	343	<0,5	9	507	0,101	26	18	793	122
Siecino	2011	<0,5	80	107	<0,5	4	4	0,026	3	13	144	45
Trzeźniowskie (Ciecz)	2011	<0,5	7	114	1,8	20	38	0,519	15	120	100	320
Urzędowe (Człuchowskie)	2013	7,3	7	137	2,1	20	78	1,050	14	107	132	672
Wąsowsko-Mikorzyńskie	2010	<0,5	<3	338	<0,5	10	537	0,174	25	22	566	152
Wielkie Dąbie	2015	<0,5	30	75	2,5	22	41	0,257	20	155	17	250
Wierzysko	2013	2,5	9	103	0,8	16	43	0,279	12	37	99	292
Ziolo	2015	1,7	4	200	1,3	345	23	0,141	16	24	251	158



Przekroczona wartość PEC



Przekroczona wartość TEC

Tabela 8. Wykaz jeziora o wysokich zawartościach trwałych zanieczyszczeń organicznych w osadach ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Jezioro		Suma WWA	Suma PCB	g-HCH	S HCH	p,p'-DDE	p,p'-DDD	p,p'-DDT	S DDTs
Człuchowskie	2011	57622	18,7	1,8	6,3	150	450	2,9	602,9
Bytyńskie	2015	2455	10,5	2,5	11,7	117	136	4,1	257,6
Garbicz (Wielkie)	2014	18968	12,9	1,2	6,6	69,0	2,6	2,6	199,8
Wilkowskie (Wilkowo)	2010	249	3,0	3,6	22,7	50,9	136,9	7,3	195,1
Orłowskie (Piaseczno)	2013	13419	11,7	1,8	9,9	69,0	111	1,6	181,6
Karczemne/1	2012	19284	44,1	1,7	4,7	76,0	71,0	10,0	157,6
Wilkowskie	2014	14864	8,8	0,9	3,4	52,0	1,6	1,6	149,1
Zajezierskie	2013	52231	6,4	0,6	1,8	26,0	72,0	0,8	98,6
Urzędowe (Człuchowskie)	2013	49758	6,7	0,7	1,5	43,0	66,0	0,9	110,3
Elckie B	2011	45161	8,5	1,5	13,0	27,0	41,0	2,7	70,6
Czarne (Sukiel)	2013	40783	8,3	0,7	4,5	35,0	89,0	0,9	124,0
Trzeźniowskie (Ciecz)	2011	37221	7,6	1,3	9,8	39,0	81,0	1,5	121,1
Klasztorne Duże	2013	30635	7,4	<0,5	1,5	10,0	22,0	<0,5	32,1
Łagowskie	2011	29051	6,0	0,9	4,9	22,0	38,0	1,5	62,1
Łąckie Duże/1	2012	24871	4,7	0,7	2,1	22,0	37,0	9,7	69,3
Krzyckie (Gołanickie)	2010	23017	6,8	7,0	46,9	25,0	26,0	1,6	52,6
Ukiel (Krzywe)	2015	22284	4,5	1,9	5,8	34,8	15,1	0,5	50,4
Cichowo	2010	7488	6,7	8,5	55,4	46,0	37,0	1,9	84,9
Łęgowskie/1	2012	21236	9,9	4,5	11,7	46,0	28,0	5,2	78,6
Lubinieckie (Poznańskie)	2010	6619	15,3	3,9	25,7	42,0	20,0	<0,5	62,25
Grzymisławskie	2010	6197	50,7	3,3	23,8	13,0	4,20	0,6	17,8
Trzesiecko	2010	21375	8,9	2,8	21,6	19,6	10,1	2,7	32,4
Zamkowe (w Wałczu)	2010	18060	4,0	2,1	14,4	23,0	46,0	4,3	73,3
Ocypel Wielki	2014	13647	26,3	<0,5	2,0	25,0	<0,5	<0,5	57,
Ostrów	2013	8419	25,4	1,0	2,9	46,0	54,0	2,2	102,2
Kortowskie	2013	10070	14,4	<0,5	1,0	35,0	41,0	<0,5	75,5
Góreckie	2013	6438	10,8	<0,5	2,3	40,0	107,0	1,3	147,8
Lechickie (Lednickie, Pogrzynie)	2013	10016	9,1	0,6	1,7	46,0	76,0	1,4	122,9
Cichowo	2013	4506	6,8	0,6	2,2	56,0	67,0	1,4	124,1
Juksty	2015	4047	4,4	0,8	3,6	47,0	65,3	2,2	114,5



Przekroczona wartość PEC



Przekroczona wartość TEC

Tabela 9. Zbiorcza tabela oceny zanieczyszczenia osadów jezior (2010-2015)

% przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	5,9	97,7	81,2	58,9	72,6	99,2	99,0	96,8	89,2	85,5	39,2	95,6	13,8	99,2	65,2	55,9	18,8	82,1
Osady miernie zanieczyszczone	30,5	1,1	17,8	41,1	27,0	0,8	0,3	1,9	9,7	14,5	56,7	4,0	70,1	0,8	15,5	20,4	29,6	16,4
Osady zanieczyszczone	54,1	0,7	0,7	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,8	0,0	4,0	0,3	11,6	0,0	19,2	23,0	47,1	1,5
Osady silnie zanieczyszczone	9,5	0,5	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	1,2	0,3	0,0	0,1	0,1	4,4	0,0	0,1	0,7	4,5	0,0
Suma %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Liczba przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	43	713	593	430	530	724	723	707	651	624	286	698	101	724	476	408	137	599
Osady miernie zanieczyszczone	223	8	130	300	197	6	2	14	71	106	414	29	512	6	113	149	216	120
Osady zanieczyszczone	395	5	5	0	2	0	4	0	6	0	29	2	85	0	140	168	344	11
Osady silnie zanieczyszczone	69	4	2	0	1	0	1	9	2	0	1	1	32	0	1	5	33	0
Suma próbek	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730

KANAŁY RZECZNE

Pierwiastki śladowe. Zawartość **srebra** w większości zbadanych próbek była niższa niż granica oznaczalności (<0,5 mg/kg). Wyższe stężenia - w zakresie 0,5-2,7 mg/kg - stwierdzono jedynie w 8 próbkach (7,27% wszystkich próbek). Największą zawartością srebra charakteryzowały się osady Kanału Żerańskiego (2,7 mg/kg w 2014 r.) oraz Kanału Wawerskiego – Wał Miedzeszyński (2,1 mg/kg w 2011 r.). Stężenia **arsenu** w ponad 69% badanych próbek nie przekroczyły granicy oznaczalności. Skrajnie wysoką zawartość tego pierwiastka stwierdzono w osadach Kanału Psarskiego: w 2013 r. w punkcie Potok Krzyżowice (105,1 mg/kg) oraz w 2010 r. w punkcie Małujowice (68,83 mg/kg). Obecność **baru** odnotowano w zakresie 14-512 mg/kg, przy czym największe stężenia zbadano w osadach Kanału Augustowskiego (512 mg/kg), Kanału Krzyckiego – Siedlisko (461 mg/kg) oraz Kanału Wonieść (425 mg/kg). Zawartość **kadm** przekraczającą granicę oznaczalności (<0,5 mg/kg) stwierdzono w 17 badanych próbkach (15,45% wszystkich próbek). Kształtowała się ona pomiędzy 0,5 – 26,9 mg/kg, przy czym najwięcej tego pierwiastka zawierały próbki pochodzące z Kanału Matylda (2012 r.) oraz Kanału Gniewoszowsko - Kozienickiego (18,1 mg/kg w 2014 r.). Najwyższe stężenia **kobaltu** zbadano w osadach Kanału Psarskiego (w punkcie Potok Krzyżowice w 2013 r. 21,56 mg/kg, zaś w 2010 r. 9,78 mg/kg; w punkcie Małujowice 15,23 mg/kg w 2010 r.) oraz Kanału Żerańskiego (10,73 mg/kg). W 40 próbkach (36,36%) zawartość kobaltu była niższa niż granica oznaczalności. **Chrom** występował w stężeniach od 1,247 do 74,31 mg/kg. Skrajną jego zawartość zbadano w Kanale Żerańskim w 2014 r. Zawartość **miedzi** w badanych osadach mieściła się w przedziale 1,639 – 179,77 mg/kg. Dwie najwyższe wartości stwierdzono w osadach Kanału Gocławskiego (101,3 mg/kg w 2011 r.) oraz Kanału Żerańskiego (179,77 mg/kg). Bardzo wysokie stężenie **rtęci**, przekraczające wartość 1 mg/kg, zbadano w próbce pochodzącej z Kanału Piaseczyńskiego (2,47 mg/kg w 2011 r.). W pozostałych badanych próbkach zawartość tego pierwiastka nie przekraczała 0,61 mg/kg. Skrajnie wysoką zawartość **manganu** stwierdzono w osadach Kanału Psarskiego, w punkcie Potok Krzyżowice – w 2013 r. wynosiła ona 4 095 mg/kg, zaś w 2010 r. – 2 930 mg/kg. Wysokie stężenia zbadano również w Kanale Postomskim (2 922 mg/kg w 2015 r.), Kanale Żerańskim (2 594 mg/kg w 2014 r.) oraz w Kanale Palemona (2 326 mg/kg w 2011 r.). **Molibden** w większości próbek (90 próbek, 81,8%) występował w zawartościach niższych niż granica oznaczalności (<0,5 mg/kg), w pozostałych przypadkach jego stężenia mieściły się w zakresie 0,515 – 4,856 mg/kg. Najwyższą zawartością molibdenu charakteryzowały się osady Kanału Żerańskiego w 2014 r., poza nimi podwyższoną obecność tego pierwiastka stwierdzono w osadach Kanału Obry (3,0 mg/kg w 2015 r.), Kanału Gniewoszowsko – Kozienickiego (2,1 mg/kg w 2014 r.) oraz Kanału Sowina (ujście do Baryczy) (2,1 mg w 2013 r.). Najwyższe stężenia **niklu** zbadano w osadach Kanału Psarskiego (Potok Krzyżowice) – 38,7 mg/kg w 2013 r. W osadach Kanału Głównego (Rządź) jego zawartość wynosiła 34,42 mg/kg (w 2011 r.), zaś w osadach Kanału Żerańskiego 28,97 mg/kg (w 2014 r.). **Ołów** w badanych próbkach cechował się dużym zakresem zawartości. Stężenia niższe niż granica oznaczalności stwierdzono jedynie w 3 próbkach (2,7% wszystkich badanych). Skrajnie wysokie zawartości oznaczono w osadach Kanału Matylda (886 mg/kg w 2012 r., zaś w roku 2015 – 183 mg/kg), wysokimi stężeniami cechowały się również osady Kanału Gniewoszowsko – Kozienickiego (425 mg/kg w 2014 r.) oraz Kanału Żerańskiego (148 mg/kg w 2014 r.). Zawartość **cyn** w zdecydowanej większości próbek (80,9% wszystkich badanych) mieściła się poniżej granicy oznaczalności. Największym stężeniem tego pierwiastka charakteryzowały się osady Kanału Sowina (ujście do Baryczy) (10,54 mg/kg w 2013 r.) oraz Kanału Żerańskiego (9,55 mg/kg w 2014 r.). Obecność **strontu** w badanych osadach mieściła się w zakresie 3,9 - 181,9 mg/kg, przy czym największe jego zawartości zbadano w Kanale Palemona (181,9 mg/kg w 2011 r.),

Kanale Żerańskim (146,1 mg/kg w 2014 r.) i w Kanale Wieprz – Krzna – Żelazna (129,8 mg/kg). Najwyższymi stężeniami **tytanu** charakteryzowały się osady Kanału Bydgoskiego (Występ) – 493,8 mg/kg w 2010 r., Kanału Krzyckiego – 277,1 mg/kg w 2010 r., Kanału Głównego (Rządź) – 266,4 mg/kg w 2011 r. oraz Kanału Psarskiego (Potok Krzyżowice) – 262,5 mg/kg w 2010 r. Stężenia **wanadu** w badanych próbkach nie przekroczyły 47 mg/kg. Największe zawartości tego pierwiastka odnotowano w osadach Kanału Psarskiego (Potok Krzyżowice) (46,83 mg/kg w 2013 r.), Kanału Łasica (38,86 mg/kg w 2014 r.) a także w osadach Kanału Żerańskiego (29,74 mg/kg w 2014 r.). Występowanie cynku w badanych osadach cechowało się dużym zakresem zmienności – od kilku do kilku tysięcy mg/kg. Dwie ekstremalnie wysokie zawartości stwierdzono w osadach Kanału Matylda (3076 mg/kg w 2012 r.) oraz Kanału Gniewoszowsko – Kozienickiego (2841,6 mg/kg w 2014 r.). W tabeli 10 zestawiono wykaz kanałów, w osadach których odnotowano wysokie zawartości pierwiastków śladowych.

Trwałe zanieczyszczenia organiczne. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w wysokich zawartościach (kilka, kilkanaście tys. µg/kg lub więcej) występowały przede wszystkim w osadach Kanału Sowina (ujście do Baryczy), Kanału Bucowskiego, Kanału Nieborowskiego (Pyrzyce), Kanału Maszówek i Kanału Młyńskiego. **Heksachlorobenzen** w najwyższej zawartości stwierdzono w osadach Kanału Młyńskiego (1,2 µg/kg). Najwyższe koncentracje **PCB** zbadano w osadach Kanału Maszówek – 6,9 µg/kg. Występowanie izomerów HCH odnotowano w najwyższych zawartościach w osadach Kanału Palemona (Kwidzyn) – 18,5 µg/kg. Najczęściej wykrywanymi **pestycydami chloroorganicznymi** w osadach kanałów było DDT i jego metabolity. Najwyższe stężenia tych związków stwierdzono w próbkach osadów pobranych z Kanału Sowina (ujście do Baryczy) (39,6 µg/kg w 2013 r.) oraz w osadach pochodzących z Kanału Smyrnia (20,2 µg/kg w 2010 r.). Występowanie pozostałych pestycydów stwierdzano dużo rzadziej, najczęściej tylko w pojedynczych próbkach. I tak aldrynę w stężeniu powyżej granicy oznaczalności wykryto tylko w 3 próbkach, dieldrynę – w 1 próbce, zaś aldehyd endryny – w 2 próbkach. Tabela 11 zawiera zestawienie kanałów, których osady charakteryzują się wysokimi zawartościami szkodliwych związków organicznych.

Przeprowadzone w latach 2010-2015 badania 110 próbek osadów pobranych z kanałów rzecznych wykazały, że 39,1% próbek było osadami niezanieczyszczonymi pierwiastkami śladowymi lub związkami organicznymi, 32,7% próbek było osadami miernie zanieczyszczonymi, 16,4% próbek - osadami zanieczyszczonymi, a 11,8% - osadami silnie zanieczyszczonymi (tabela 12). Silne zanieczyszczenie osadów spowodowane było wysoką zawartością arsenu (1,8% próbek), kadmu (1,8% próbek), rtęci (0,95 próbek), ołowiu (2,7% próbek), cynku (1,8% próbek) oraz WWA (0,4% próbek) (tabela 12). Ocenę zanieczyszczenia poszczególnych próbek osadów kanałów rzecznych zawierają tabele: Tabela 12a (2010r.), Tabela 12b (2011 r.), Tabela 12c (2012 r.), Tabela 12d (2013 r.), Tabela 12e (2014 r.) i - Tabela 12f (2015 r.).

Tabela 10. Wykaz kanałów o wysokich zawartość pierwiastków śladowych

Numer punktu	Lokalizacja	Rok	Ag mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Mo mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Sn mg/kg	Zn mg/kg
1062	Kanał Żerański	2014	2,7	20	157	4,2	74	180	0,445	4,9	29	148	10	920
1048	Kanał Wawerski-Wał Miedzeszynski	2011	2,1	<3	19	1,2	2	17	0,026	<05	2	4	<2	33
1021	Kanał Matylda	2012	1,4	9	152	26,9	9	22	0,238	0,6	8	886	2	3076
1011	Kanał Gniewoszowsko-Kozienicki	2014	0,9	19	139	18,1	40	62	0,016	2,1	23	425	7	2841
1042	Kanał Smyrnia_Łącko	2013	1,3	3	87	0,6	15	42	0,161	0,6	9	83	4	744
1043	Kanał Sowina_ujście do Baryczy	2013	1,0	19	81	2,9	22	67	0,417	2,1	22	74	11	542
1055	Kanał Augustowski I	2014	<0,5	17	29	1,7	4	7	0,013	<05	2	55	<2	506
1042	Kanał Smyrnia, Łącko	2010	0,5	<3	47	<0,5	7	12	0,07	<05	3	44	<2	338
1021	Kanał Matylda	2015	<0,5	<3	79	3,0	6	7	0,024	<05	6	183	<2	338
1022	Kanał Młyński (Ług)	2012	<0,5	6	296	0,8	15	39	0,247	0,6	16	58	7	268
1015	Kanał Krzycki_Siedlisko	2013	<0,5	9	461	1,5	16	50	0,019	<05	15	32	<2	54
1040	Kanał Psarski_Potok-Krzyżowice	2013	<0,5	105	308	1,4	53	32	0,093	<05	39	35	2	144
1041	Kanał Psarski_Małużowice	2010	0,5	69	174	0,5	36	21	0,14	<05	27	23	<2	108
1012	Kanał Gocławski_Warszawa	2011	<0,5	4	100	0,8	18	101	0,139	0,6	20	45	3	130
1036	Kanał Piaseczyński_Warszawa	2011	1,0	6	114	<0,5	17	55	2,47	<05	21	89	6	243
1076	Kanał Wonieść-Samica	2015	<0,5	<3	41	<0,5	7	5	0,608	<05	4	6	<2	14
1009	Kanał Elbląski	2014	<0,5	4	111	<0,5	17	19	0,031	<05	11	67	<2	84



Przekroczona wartość PEC



Przekroczona wartość TEC

Tabela 11. Wykaz kanałów o wysokich zawartościach trwałych zanieczyszczeń organicznych w osadach (µg/kg)

Numer punktu	Lokalizacja	Rok	Suma WWA	S HCH	p,p'-DDE	p,p'-DDD	p,p'-DDT	S DDTs	Suma PCB
1043	Kanał Sowina_ujście do Baryczy	2013	101747	<2	21	13	5,6	39,6	4,9
1058	Kanał Bucowski	2014	69619	<2	1,1	1,8	<0,5	3,2	<0,7
1020	Kanał Maszówek	2012	30822	<2	1,7	1,3	1,8	4,8	<0,7
1063	Kanał Bema	2015	27468	<2	0,6	0,3	<0,5	1,15	<0,7
1029	Kanał Nieborowski_Pyrzyce	2011	27329	<2	1,2	1,2	1,1	3,5	<0,7
1014	Kanał Juranda (Młynówka Malborska	2014	22760	<2	0,8	0,4	<0,5	1,5	0,7
1069	Kanał Obry Środkowy	2015	18139	<2	6,6	4,2	1,7	12,5	1,3
1024	Kanał Młyński	2015	12692	<2	1,5	1,9	2,5	5,9	<0,7
1023	Kanał Młyński	2012	11869	<2	2,0	4,2	9,0	15,2	1,4
1010	Kanał Główny_Rządź	2011	10560	2,1	0,9	0,3	<0,5	1,5	1,0
1022	Kanał Młyński (Ług)	2012	10092	<2	3,2	1,5	1,4	6,1	1,6
1033	Kanał Palemona_Kwidzyn	2011	8840	18,5	6,8	5,4	5,2	17,4	3,20



Przekroczona wartość PEC



Przekroczona wartość TEC

Tabela 12. Zbiorcza tabela oceny zanieczyszczenia osadów kanałów rzecznych (2010-2015)

% przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	39,1	95,5	90,0	76,4	91,8	97,3	98,2	92,7	90,0	88,2	83,6	90,9	57,3	100,0	99,1	91,8	81,8	87,3
Osady miernie zanieczyszczone	32,7	2,7	8,2	22,7	5,5	1,8	1,8	5,5	8,2	11,8	11,8	3,6	30,0	0,0	0,0	4,5	14,5	9,1
Osady zanieczyszczone	16,4	1,8	0,0	0,9	0,9	0,9	0,0	1,8	0,9	0,0	1,8	3,6	6,4	0,0	0,9	3,6	3,6	3,6
Osady silnie zanieczyszczone	11,8	0,0	1,8	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	2,7	1,8	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Liczba przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	43	105	99	84	101	107	108	102	99	97	92	100	63	110	109	101	90	96
Osady miernie zanieczyszczone	36	3	9	25	6	2	2	6	9	13	13	4	33	0	0	5	16	10
Osady zanieczyszczone	18	2	0	1	1	1	0	2	1	0	2	4	7	0	1	4	4	4
Osady silnie zanieczyszczone	13	0	2	0	2	0	0	0	1	0	3	2	7	0	0	0	0	0
Suma próbek	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110

ZBIORNIKI

Pierwiastki śladowe. W 74 zbadanych próbkach osadów zbiorników zaporowych zawartość **srebra** wykryto w 4 próbkach (5,4% wszystkich próbek), najwięcej tego pierwiastka zawierały osady pobrane w 2014 r. ze zbiornika Włocławek - Soczewka, (1,8 mg/kg). Stężenia **arsenu** w ponad 17 % badanych próbkach nie przekroczyły granicy oznaczalności. Najwyższą jego zawartość odnotowano w 2010 r. w Zbiorniku Kozielno, (99 mg/kg) oraz w Zbiorniku Siemianówka (53 mg/kg 2014 r.). Obecność **baru** odnotowano w zakresie 16-406 mg/kg, przy czym największe stężenia zbadano w osadach Zbiornika Lubachów (406 mg/kg) oraz Zbiornika Turawa (399 mg/kg). Zawartość **kadm** w stężeniu powyżej granicy oznaczalności odnotowano w 24 próbkach (32,4%). Kształtowała się ona pomiędzy 0,6 – 43,8 mg/kg, najwięcej tego pierwiastka zawierała próbka pobrana w 2010 ze Zbiornik Złotniki, kolejne podwyższone zawartości zaobserwowano dla Zbiornika Dzierżno Duże 5,0 mg/kg (2010 r.), Włocławek – Soczewka – 4,3 mg/kg (2014 r.) oraz Zbiornik Rybnik Wielopole 4,2 mg/kg (2010 r.). Najwyższe stężenia **kobaltu** zbadano w osadach Zbiornika Nielisz w 2012 r.- 16 mg/kg, zaś w 2010 r. - 14 mg/kg, w osadach Zbiornika Leśna oraz 13 mg/kg w osadach Zbiornika Złotniki. W 9 próbkach (12,2%) zawartość kobaltu była niższa niż granica oznaczalności. **Chrom** występował w stężeniach od 1,586 do 80,46 mg/kg. Najwyższą zawartość odnotowano w Zbiorniku Czorsztyn-Niedzica w 2012 r. Zawartość **miedzi** w badanych osadach mieściła się w przedziale 1,522 – 71,755 mg/kg. Najwyższą wartości stwierdzono w 2010 r. w osadach Zbiorniku Dzierżno Duże. Ponad to podwyższone stężenia odnotowano w osadach pochodzących ze Zbiornika Lubachów (47,465 mg/kg w 2010 r.), Włocławek - Wisła-Wyszogród (47,422 mg/kg w 2014 r.). **Rtęć** występowała w stężeniach od 0,005 do 0,930 mg/kg. Najwyższą zawartość odnotowano w Zbiorniku Dzierżno Duże (0,930 mg/kg w 2010 r.) oraz w zbiorniku Włocławek – Soczewka (0,682 mg/kg w 2014 r.). Skrajnie wysoką zawartość **manganu** stwierdzono w osadach Zbiornika Międzybrodzie – w 2012 r. wynosiła ona 3344 mg/kg. Wysokie stężenia zaobserwowano również w osadach zbiorników: Włocławek - Soczewka (1 925 mg/kg w 2014 r.) oraz Koronowo (1696 mg/kg oraz 1651 mg/kg w 2012 r.). **Molibden** w większości próbek (57 próbek, 77%) występował w zawartościach niższych niż granica oznaczalności (<0,5 mg/kg), w pozostałych przypadkach jego stężenia mieściły się w zakresie 0,51 – 1,95 mg/kg. Najwyższą zawartością molibdenu charakteryzowały się osady Zbiornika Besko w 2012 r. Najwyższe stężenia **niklu** zbadano w osadach Zbiornika Dobczyce – 42,98 mg/kg w 2012 r. W osadach Zbiornika Klimkówka zawartość omawianego pierwiastka wynosiła 40,57 mg/kg (w 2012 r.), w osadach Zbiornik Leśna (dopływ Kwisay) 39,79 mg/kg (w 2010 r.) zaś w osadach Zbiornika Soliny w 2014r. 39,19 mg/kg. Dwie próbki (2,7% wszystkich próbek) były poniżej granicy oznaczalności. **Ołów** w badanych próbkach cechował się dużym zakresem zawartości. Stężenia niższe niż granica oznaczalności stwierdzono jedynie w 1 próbce (1,4% wszystkich badanych). Wysokie zawartości oznaczono w osadach Zbiornika Leśna - dopływ Kwisay (222 mg/kg w 2010 r.), wysokimi stężeniami cechowały się również osady Zbiornik Przeczyce -Kuźnica Sulikowska (187,5 mg/kg w 2010 r.) oraz Zbiornika Dzierżno Duże (119 mg/kg w 2010 r.). Zawartość **cyny** w zdecydowanej większości próbek (74% wszystkich badanych) mieściła się poniżej granicy oznaczalności. Największym stężeniem tego pierwiastka charakteryzowały się osady Zbiornik Pilchowice (Jedlica) (14 mg/kg w 2010 r.). Obecność **strontu** w badanych osadach mieściła się w zakresie 4,54 – 276,5 mg/kg, przy czym największe jego zawartości zbadano w Zbiorniku Wonieść (276,5 mg/kg w 2014 r.) Zbiorniku Koronowo (266,9 mg/kg w 2014 r.) oraz w Zbiorniku Włocławek - Soczewka (245,97 mg/kg w 2014 r.). Bardzo wysokie stężenie **tytanu** zaobserwowano w 2010 r. osadach zbiorników: Sosnówka – 945 mg/kg, Lubachów -811mg/kg oraz Słup - Piotrowice 762 mg/kg. **Wanad** występował w stężeniach od 1,378 do 56,62 mg/kg. Największe

zawartości tego pierwiastka odnotowano w osadach Zbiornika Bukówka w 2012, a także w osadach: Zbiornika Dzierżno Duże (43,97 mg/kg 2010 r), Zbiornika Słup (39,07 mg/kg w 2010 r.), Zbiornika Dobromierz (36,36 mg/kg 2010 r.). Występowanie cynku w badanych osadach cechowało się dużym zakresem zmienności – od kilku do kilkuset mg/kg. Najwięcej tego pierwiastka wykryto w osadach pobranych w 2014 r. ze zbiornika Poraj – Żarki, stężenie pierwiastka wynosiło 938 mg/kg. Zestawienie zbiorników zaporowych, których osady wyróżniają się wysokimi zawartościami pierwiastków śladowych zawiera tabela 13.

Trwałe zanieczyszczenia organiczne. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w wysokich zawartościach (kilka, kilkanaście tys. $\mu\text{g}/\text{kg}$ lub więcej) występowały przede wszystkim w osadach zbiorników: Lubachów, Dzierżno Duże, Leśna (Kwisa). **Heksachlorobenzen** w najwyższej zawartości stwierdzono w osadach zbiornika Włocławek – Wisła - Wyszogród (0,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Najwyższe koncentracje **PCB** zbadano w osadach Zbiornika Mietków-Domanice – 16 $\mu\text{g}/\text{kg}$. oraz Zbiornika Łąka 11,25 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Występowanie izomerów HCH odnotowano w najwyższych zawartościach w osadach Zbiornika Łąka – 5,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Najczęściej wykrywanymi **pestycydami chloroorganicznymi** w osadach zbiorników zaporowych było DDT i jego metabolity. Najwyższe stężenia tych związków stwierdzono w próbkach osadów pobranych ze zbiorników: Bledzew (32,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$, w 2014 r.) Koronowo, (28,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w 2014 r.) oraz Wonieść (26,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, w 2014 r.). Występowanie pozostałych pestycydów stwierdzano dużo rzadziej, tylko w pojedynczych próbkach. I tak aldehyd endryny w stężeniu powyżej granicy oznaczalności wykryto tylko w 9 próbkach. Tabela 14 zawiera wykaz zbiorników, których osady charakteryzują się wysokimi zawartościami szkodliwych związków organicznych. Wykaz zbiorników zaporowych, w osadach których odnotowano wysokie zawartości WWA i DDT zestawiono w tabeli 14.

Wykonane w latach 2010-2015 badania geochemiczne 74 próbek osadów pobranych z zbiorników zaporowych wykazały, że 21,6% próbek było osadami niezanieczyszczonymi pierwiastkami śladowymi lub związkami organicznymi, 47,3% próbek było osadami miernie zanieczyszczonymi, 23,0% próbek - osadami zanieczyszczonymi, a 8,1% - osadami silnie zanieczyszczonymi (tabela 15). Silne zanieczyszczenie osadów spowodowane było wysoką zawartością arsenu (2,7% próbek), kadmu (1,4% próbek), ołowiu (1,4% próbek), cynku (1,8% próbek) oraz WWA (4,1% próbek) (tabela15). Ocenę zanieczyszczenia poszczególnych próbek osadów zbiorników zaporowych zawierają tabele: Tabela 15a (2010r.), Tabela 15b (2011 r.), Tabela 15c (2012 r.), Tabela 15d (2013 r.), Tabela 15e (2014 r.) i - Tabela 15f (2015 r.).

Tabela 13. Wykaz zbiorników zaporowych o wysokich zawartościach pierwiastków śladowych (mg/kg)

Numer próbki	Nazwa zbiornika	Rok	Ag mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
2071	Włocławek - Soczewka	2014	1,8	5	211	4,3	63	34	0,682	21	37	345
2007	Kozielno	2010	<0,5	99	94	<0,5	25	13	0,042	15	26	71
2066	Siemianówka - Babia Góra	2014	<0,5	53	112	<0,5	5	4	0,049	2	13	16
2014	Otmuchów_Stary Paczkow	2010	<0,5	31	129	<0,5	36	25	0,093	24	54	136
2052	Cieszanowice	2012	<0,5	18	243	0,9	11	25	0,161	8	24	98
2009	Leśna	2010	<0,5	15	155	1,1	69	37	0,341	40	222	237
2003	Dzierżno Duże_Czechowice,	2010	0,8	14	182	5,0	22	72	0,930	29	119	844
2010	Lubachów	2010	<0,5	5	406	0,8	32	47	0,171	27	47	230
2022	Turawa	2010	<0,5	9	399	43,8	18	32	0,118	13	75	654
2019	Rybnik_Wielopole	2010	<0,5	8	223	4,2	39	35	0,129	20	31	351
2015	Pilchowice (Jedlica)_Wrzeszczyn	2010	<0,5	6	216	0,6	23	36	0,249	16	70	175
2012	Mietków_Domanice	2010	<0,5	5	201	0,7	51	34	0,235	21	32	281
2072	Włocławek - Wisła-Wyszogród	2014	0,8	8	179	3,5	53	47	0,399	36	50	396
2065	Poraj - Żarki	2014	<0,5	7	132	3,3	16	27	0,113	12	72	938
2056	Jeziorsko - Pęczniew	2014	<0,5	5	152	3,1	38	17	0,128	21	25	147
2008	Kozłowa Góra (j. Świerklanieckie)	2010	<0,5	9	130	3,0	7	7	0,043	5	59	354
2004	Dzierżno Małe	2010	<0,5	6	159	2,7	16	17	0,111	11	71	665
2053	Bledzew, dopływ Obry	2014	0,7	6	77	0,9	18	32	0,380	14	39	257
2070	Włocławek - Murzynowo	2014	<0,5	6	113	1,5	28	26	0,199	21	25	216
2027	Czorsztyn-Niedzica	2012	<0,5	4	86	<0,5	80	24	0,089	25	13	87
2050	Bukówka	2012	<0,5	6	90	<0,5	48	24	0,105	33	23	99
2018	Przeczyce_Kuźnica Sulikowska	2010	<0,5	3	56	1,5	8	7	0,055	5	188	215



Przekroczone wartości PEC



Przekroczone wartości TEC

Tabela 14. Wykaz ów zaporowych o wysokich zawartościach trwałych zanieczyszczeń organicznych (µg/kg)

Numer punktu	Lokalizacja		Suna WWA	S HCH	p,p'-DDE	p,p'-DDD	p,p'-DDT	S DDTs	Suma PCB
2010	Lubachów, dopływ Bystrzycy	2010	24495	<2,0	0,3	0,2	<0,5	0,8	<0,7
2003	Dzierżno Duże_Czechowice	2010	20485	2,2	1,1	2,8	0,6	4,5	1,6
2009	Leśna (Kwisa)	2010	15569	<2,0	4,4	10,0	2,1	16,5	1,8
2053	Bledzew, dopływ Obry	2014	11183	<2,0	15	14	3,1	32,7	5
2035	Solina	2012	11087	<2,0	1,0	0,6	<0,5	1,9	<0,7
2023	Złotniki	2010	10382	<2,0	2,7	1,6	1,6	5,9	1,2
2012	Mietków_Domanice	2010	6554	<2,0	1,7	5,4	2,8	9,9	16
2060	Koronowo, dopływ, Kamionki	2014	4945	<2,0	10	13	6,3	28,3	6,1
2073	Wonieść	2014	4155	<2,0	13	13	<0,5	26,5	5,8
2072	Włocławek - Wisła-Wyszogród	2014	3209	<2,0	5,3	14	<0,5	19,4	6,1
2062	Koszyce, dopł. Gwdy	2014	2466	<2,0	13	2,1	0,6	16,0	2,2
2021	Topola_Topola	2010	5101	<2,0	6,3	4,1	4,9	15,3	1,2
2056	Jeziorsko - Pęczniew	2014	2114	<2,0	9,1	3,0	<0,5	12,4	1,2
2071	Włocławek - Soczewka	2014	2762	<2,0	4,1	7,6	<0,5	12,0	2,7
2011	Łąka, ujście Pszczyнки	2010	3163	5,1	1,9	1,2	<0,5	3,4	11,3
2019	Rybnik_Wielopole	2010	5151	4,4	2,6	2,0	1,2	5,8	3
2074	Żur, dopływ Wdy	2014	1599	<2,0	1,2	0,9	<0,5	2,4	2,9
2070	Włocławek - Murzynowo	2014	1961	<2,0	2,7	6,3	<0,5	9,3	2,7
2058	Koronowo	2014	5754	<2,0	2,4	2,6	0,6	5,6	2,7
2016	Pławniowice	2010	6427	2,9	1,9	1,2	1,4	4,5	0,8
2049	Besko	2012	5723	<2,0	0,4	0,2	<0,5	0,9	<0,7
2059	Koronowo	2014	5136	<2,0	5,6	3,3	<0,5	9,2	1,5



Przekroczona wartość PEC



Przekroczona wartość TEC

Tabela 15. Zbiorcza tabela oceny zanieczyszczenia osadów zbiorników zaporowych (2010-2015)

% przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	21,6	98,6	86,5	56,8	81,1	90,5	93,2	95,9	90,5	62,2	75,7	81,1	40,5	100,0	100,0	87,8	75,7	86,5
Osady miernie zanieczyszczone	47,3	1,4	9,5	43,2	13,5	9,5	6,8	4,1	6,8	35,1	20,3	13,5	51,4	0,0	0,0	5,4	17,6	10,8
Osady zanieczyszczone	23,0	0,0	1,4	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	2,7	2,7	2,7	5,4	4,1	0,0	0,0	6,8	6,8	2,7
Osady silnie zanieczyszczone	8,1	0,0	2,7	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Liczba przypadków	Łącznie	Ag_kl	As_kl	Ba_kl	Cd_kl	Co_kl	Cr_kl	Cu_kl	Hg_kl	Ni_kl	Pb_kl	Zn_kl	WWA	PCB	lindan	DDD	DDE	DDT
Osady niezanieczyszczone	16	73	64	42	60	67	69	71	67	46	56	60	30	74	74	65	56	64
Osady miernie zanieczyszczone	35	1	7	32	10	7	5	3	5	26	15	10	38	0	0	4	13	8
Osady zanieczyszczone	17	0	1	0	3	0	0	0	2	2	2	4	3	0	0	5	5	2
Osady silnie zanieczyszczone	6	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0
Suma próbek	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74